

Simultane Messung der Miktion nach Druck und Fluß in der Zeit

Vorgelegt von
Sighart Meier
aus Stuttgart

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik
Universität Erlangen-Nürnberg
Direktor: Prof. Dr. G. Hegemann
Abteilung und Lehrstuhl für Urologie
Vorstand: Prof. Dr. A. Sigel

SIMULTANE MESSUNG DER MIKTION NACH
DRUCK UND FLUSS IN DER ZEIT

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Sighart Meier
aus Stuttgart

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Professor Dr. A. Kröncke

Referent: Professor Dr. A. Sigel

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Februar 1969

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Thematik	1
Urodynamik	3
Möglichkeiten der funktionellen Blasen- und Harnröhrendiagnostik. - Methode und Urodynamicographie.	7
Klinische Anwendung der simultanen Druck- und Flußmessung	11
Der typische Miktionsverlauf	11
Pathologische Miktionskurven	13
Patienten mit einer obstruktiven Störung des Harntransportes	14
Intravesikale Funktionsstörungen	22
a. Gruppe mit Megacystis	22
b. Vesico - ureteraler Reflux	24
c. Blasenwanddivertikel	27
d. Muskuläre Dysfunktion der Blase	30
e. Neurogene Blasenstörung	30
f. Inkontinenz	31
g. Blaseninfektion	31
Fehler und Komplikationen	32
Diskussion	33
Zusammenfassung	36
Literatur	37

Thematik.

Untersuchungen über die Funktion der Harnblase und deren Druckverhalten wurden bereits um die Jahrhundertwende angestellt (Adler 1918), jedoch erst in den vergangenen 30 Jahren nach physikalischen Methoden entwickelt. Seitdem sind zahlreiche Techniken zur Messung des Miktionsflusses und des intravesikalen Druckverhaltens sowohl in Ruhe als auch in verschiedenen Füllungszuständen der Harnblase und während des Miktionsablaufes veröffentlicht worden. Die ersten wegweisenden Untersuchungen mit neuesten technischen Möglichkeiten waren die von v. Garrelts 1956. Er registrierte als erster simultan den intravesikalen Druck und den Urinfluß. Diese Ergebnisse wurden weiter entwickelt von Zinner, Paquin und Ritter 1963. Während dieser Zeit und besonders in den letzten Jahren wurden zahlreiche weitere Untersuchungsmöglichkeiten publiziert, wobei die Problematik der Urodynamik auf verschiedenen methodischen und technischen Wegen zu lösen versucht wurde.

In Anwendung dieser Meßmethoden wurden bisher fast ausschließlich gesunde Personen untersucht, um zu physiologischen Normwerten zu kommen. 1963 veröffentlichten Arbuckle und Paquin Untersuchungen über Blasenhalstenosen im Tierversuch. Die Ergebnisse zeigen ein hydrodynamisches deutliches Ansteigen des Widerstandes zum Urinfluß. Außerdem war bei den Versuchstieren zum Zeitpunkt ihres Todes festzustellen, daß es als Folge der Blasenhalstenose zu einer stark vergrößerten Blase, einer Dilatation des unteren Harnweges und einer Harnwegsinfektion gekommen war. In einer Monographie von Enhörning 1961 wird das Problem der Inkontinenz behandelt (s. u.). Im Rahmen eines Symposions 1968 (Boyarsky) werden die klinischen Erfahrungen über die neurogene Blase diskutiert. Weitere großangelegte Untersuchungen spezieller Krankheitsbilder fehlen noch.

In dieser Arbeit soll die klinische Anwendungsmöglichkeit der simultanen Druck- und Flußmessung der Miktion bei speziellen Erkrankungen der unteren Harnwege diskutiert werden.

Urodynamik.⁺⁾

Die Miktion besteht subjektiv gesehen aus dem Harnvolumen pro Zeiteinheit. Diese Größen, Volumen und Zeit, und dazu die Beurteilung des Harnstrahls genügen einer oberflächlichen Abschätzung der Miktion. Für eine kritische Bewertung der Blasen- und Harnröhrenfunktion reichen diese Beobachtungen nicht aus.

Bei der Urodynamik interessieren deshalb folgende physikalischen Meßgrößen: 1. der intravesikale Druck

2. das Miktionsvolumen pro Zeiteinheit

3. der intraurethrale Widerstand.

Von diesen sind 1. und 2. direkt meßbar. Der intraurethrale Widerstand muß mit Hilfe physikalischer Gesetze ermittelt werden.

Voraussetzung für das Strömen einer Flüssigkeit durch ein Rohr ist eine Druckdifferenz Δp zwischen den beiden Enden des Rohres. Der Druck, der diese Strömung aufrechterhält, entspricht in der Urodynamik dem intravesikalen Druck, der sich bei der Kontraktion der Harnblasenmuskulatur durch das ganze Flüssigkeitsvolumen der Harnblase gleichmäßig ausbreitet. Der Druck am Ende der Röhre ist der atmosphärische Druck.

Die Druckdifferenz Δp ist erforderlich zur Überwindung des Strömungswiderstandes R , der vom Durchmesser des durchströmten Rohres und der inneren Reibung der Flüssigkeit (Viskosität, spezifisches Gewicht und Temperatur der Flüssigkeit) abhängig ist (s. u.).

Die Strömungsgeschwindigkeiten in einer engen Röhre verteilen sich in einer engen Röhre derart, daß die Geschwin-

⁺⁾ Mit freundlicher Beratung von Herrn Dipl. Phys.
G. Smiatek.

digkeit vom Rande nach der Mitte zunimmt. Dabei haftet die an der Rohrwandung anliegende Flüssigkeit stets an der Wandung an und hat also die Geschwindigkeit $v = 0$. (Abb. 1)

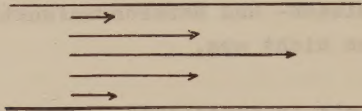


Abb. 1: Geschwindigkeitsverteilung einer laminaren Strömung durch ein enges Rohr.

Die Harnröhre hat aber kein gleichmäßiges Lumen, vielmehr wechseln physiologisch-anatomisch engere und weitere Abschnitte. So erreicht infolge der hohen Reibungsverluste der Druck nach einer Engstelle nicht denselben Wert wie vor ihr. (Abb. 2)

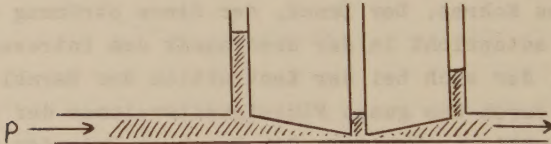


Abb. 2: Verteilung des Druckes beim Durchströmen einer Engstelle.

Der Zusammenhang von Druck und Geschwindigkeit ergibt sich aus dem Energieerhaltungssatz. Entsprechend der Gleichung von Bernoulli gilt darum folgende Beziehung:

$$P_{\text{ges}} = P_v + P_R$$

P_{ges} = intravesikaler Druck

P_v = Geschwindigkeits-Druck-Verlust

P_R = Reibungs-Druck-Verlust

Der Geschwindigkeitsdruckverlust läßt sich entsprechend berechnen:

$$P_v = \frac{v^2 \cdot \rho}{2} \quad (\rho = \text{spez. Gew.})$$

Für die Berechnung des Reibungsverlustes P_R bei turbulenter Strömung haben Ritter und Mitarbeiter (36) eine Formel angegeben:

$$P_R = \frac{L \cdot R \cdot F^2 \cdot \rho}{\pi^2 \cdot r^5}$$

L = Länge der Röhre, R = Strömungswiderstand, F = Fluß, d = Durchmesser der Röhre, ρ = spez. Gew. der Flüssigkeit.

Für die Aufrechterhaltung der Strömung gilt:

$$P = R \cdot v_m$$

d. h. der intravesikale Druck P ist direkt proportional dem Produkt von Strömungswiderstand R und mittlerer Strömungsgeschwindigkeit v_m , definiert mit Hilfe der Gleichungen:

$$\text{Strömungsgeschwindigkeit } v_m = \frac{\text{Stromstärke}}{\text{Rohrquerschnitt}}$$

und

$$\text{Stromstärke} = \frac{\text{durch d. Rohrquerschnitt fließend. Vol.}}{\text{Flußzeit } t}$$

Daraus ergibt sich entsprechend der Ohmschen Formel:

$$P = R \cdot F$$

wobei F der Fluß pro Zeiteinheit ist.

Diese Ableitungen sind alle aufgestellt worden durch Betrachtung von Strömungen durch ein starrwandiges Rohr. Es handelt sich dabei um laminare Strömungen. Die Harnröhre verfügt jedoch über eine erhebliche Elastizität und Plastizität. Der Miktionsdruckgradient P und der Radius r

der Harnröhre, ebenso der Strömungswiderstand R sind keine unveränderlichen Größen, sondern sie verändern sich ständig während des Miktionsvorganges. Außerdem ist die Strömung durch die Harnröhre eine turbulente. Bei Turbulenz steigt der Strömungswiderstand einer Röhre beträchtlich, und die in 1 Sekunde durch die Röhre strömende Flüssigkeitsmenge ist etwa nur der Wurzel der Druckdifferenz P proportional.

Diesen Bedingungen entspricht angenähert, wenn der intravesikale Druck dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional gesetzt wird:

$$P = R \cdot F^2$$

Dabei ist der maximale intrevesikale Druck zum Zeitpunkt der maximalen Flußrate gemeint. Es läßt sich mit dieser Ableitung nun der Strömungswiderstand aus dem synchron registrierten Miktions-Druck-Fluß-Verlauf zu jedem Zeitpunkt der Miktion berechnen:

$$R = \frac{P}{F^2} \quad \text{mm Hg} \cdot \text{ml}^{-2} \cdot \text{sec}^{-2}$$

In dieser Berechnung des Strömungswiderstandes sind seine ursächlichen Beziehungen nicht berücksichtigt, er ist vielmehr die Resultante aus dem intravesikalen Druck und der Flußrate. Der Strömungswiderstand ist direkt abhängig von der inneren und äußeren Reibung der strömenden Flüssigkeit (s. o.). So wird die Reibung umso größer, je größer die berührende Oberfläche zwischen Rohrwandung und strömendem Flüssigkeitsvolumen ist. Daher geht ihre Wirksamkeit auch proportional der Rohrlänge L und umgekehrt proportional dem Radius r, da je kleiner der Durchmesser, umso größer die berührende Oberfläche je Volumeneinheit wird. Die innere Reibung geht deshalb mit der vierten Potenz der Röhrenradius, so daß bereits die geringste Veränderung im Rohrdurchmesser stärkste Änderungen des Strömungswiderstandes mit sich bringen muß. Für

$$R = \eta \cdot L \frac{1}{r^4 \cdot \pi} \quad \text{konst.}$$

(η = Viskosität der Flüssigkeit)

Die Arbeit, die beim Strömen einer Flüssigkeit aufgewendet wird, erhält man direkt aus dem Produkt von dem Flüssigkeitsvolumen V und der Druckdifferenz Δp (entspricht dem intravesikalen Druck P):

$$A = V \cdot P$$

Möglichkeiten der funktionellen Blasen- und Harnröhren-diagnostik. - Methodik der Uroflowmetrie und Urodynamographie.

Zur Untersuchung der unteren Harnwege stehen der urologischen Diagnostik zahlreiche bewährte Untersuchungsmethoden zur Verfügung. Am verbreitetsten dürften wohl die Cystoskopie und die Röntgenkontrastdarstellung der Blase und der Harnröhre sein. Mit ihrer Anwendung lassen sich in diesem Organbereich pathologische Veränderungen zu- meist zuverlässig erkennen. Die funktionellen Vorgänge der Miktion können mit diesen Methoden nicht erfaßt werden.

a. Einfache mechanische Meßverfahren.

Zur Messung der Miktionsmenge in der Zeiteinheit genügt ein graduiertes Auffanggerät und eine Stoppuhr. Damit kann die Gesamturinmenge als Volumen über eine bestimmte Zeiteinheit gemessen werden. Diese Methode läßt jedoch nur Aussagen hinsichtlich des in der Zeiteinheit produzierten Gesamturinvolumens zu und eine Berechnung der mittleren Miktionsflußrate pro Sekunde, den mittleren Volumen-Sekunden-Quotienten. Meßgeräte nach diesem

einfachen Prinzip sind bereits seit längerem beschrieben (Drake 1948, Kaufmann 1961, Sigel 1965).

Eine Apparatur zur Urinvolumenbestimmung in der Zeiteinheit, die gleichzeitig eine graphische Registrierung der einzelnen Meßgrößen ermöglicht, ist bereits im Gebrauch (Liebl'scher Apparat). Es wird dabei in einem geeichten Sammelgefäß die miktionierte Urinmenge aufgefangen, wobei ein Schwimmer bewegt wird, der über eine Schreibvorrichtung auf einem gleichmäßig in der Zeiteinheit ablaufendem Registrierpapier eine Volumenkurve aufzeichnet. Mit dieser Methode lassen sich Volumen-Zeit-Untersuchungen durchführen, die gegenüber der Stoppuhrmethode genauer sind.

Neben dem Miktionsvolumen in der Zeiteinheit, der Flußrate, ist als weiterer Meßwert der Druck in der Harnblase für den Miktionsablauf bedeutend. Am einfachsten läßt sich dieser messen, indem man in die Harnblase einen transurethralen Katheter einlegt und diesen mit einem Steigrohr verbindet. Den Druck kann man dann direkt in cm Wassersäule an dem Steigrohr ablesen. Es lassen sich auf diese Weise aber nur Ruhedruckwerte bei verschiedenen Füllungsvolumina der Blase messen, die für den Miktionsablauf keine Aussagen zulassen.

b. Elektromanometrie.

Die technischen Fortschritte erlauben heute auch in der Medizin durch Anwendung physikalischer Meßmethoden eine genauere Funktionsdiagnostik. Die Entwicklung und Anwendung der Elektromanometrie, besonders in der Herzkreislaufforschung, haben in den letzten Jahren zu Versuchen geführt, diese Methode auch für eine genauere Funktionsdiagnostik der Blasenentleerung und deren Störungen verwertbar zu machen.

Als notwendige Meßgrößen für eine Analyse der Miktion werden die synchrone Registrierung des Urinflusses durch die Harnröhre und der hierbei ablaufenden Druckveränderungen in der Harnblase gefordert. Diese Messungen sind mit jedem Mehrfachkanal-Elektrokardiographie-Apparat und zwei Druckmeßgeräten, wie sie für die Herzkatheteruntersuchungen benützt werden, durchführbar. Unsere Untersuchungen werden mit den EKG-Apparaten der Siemens AG, WW Med. Erlangen und der Firma F. Hellige, Freiburg i. Br. durchgeführt. Als Druckrezeptoren werden entweder Elema-Schölander-Elemente oder Statham-Elemente benützt.

Der Blaseninnendruck während der Miktion wird über einen suprapubischen Katheter gemessen. Die über einen Harnröhrenkatheter aufgefüllte Harnblase wird in Lokalanästhesie mit einer Kunststoffkanüle (Braunüle steril Gr. 2 R) der Firma B. Braun, Melsungen wie bei einer Blasenstichfistel punktiert. Durch das Kanülenlumen wird dann ein Polyvenylkatheter (Gefäßkatheter der Gr. 2 für die Braunüle) in die Harnblase eingeführt, die Kanüle über den Katheter anschließend herausgezogen. Der Katheter füllt sich mit Urin und damit kann seine richtige Lage und Durchgängigkeit geprüft werden. Das freie Ende des Katheters wird an einen Druckmeßkopf angeschlossen. Mit dieser Methode kann man den tatsächlichen Blasendruck während der Miktion messen. Der Blaseninnendruck kann auf diese in cm H₂O oder in mm Hg gemessen werden, entsprechend der Eichung und Einstellung der Maßeinheiten der Apparatur.

Weniger aufwendig wäre die Druckmessung über einen Harnröhrenkatheter, jedoch wird dadurch das Harnröhrenlumen eingeengt und der Strömungswiderstand auch bei noch so dünnem Katheter stark erhöht. Deshalb wird bei dieser Meßanordnung rückwirkend auch der Harnblaseninnendruck verändert. Bereits Adler erkannte diese Schwierigkeit.

Das Miktionsvolumen und die Flußrate in der Zeiteinheit wird simultan registriert, indem an das Auffanggefäß seitlich unten ein elektrischer Druckmeßkopf angeschlossen wird. Das Registriergerät muß dabei auf Volumeneinheiten geeicht werden, so daß z. B. auf dem Registrierpapier 10 mm Ausschlag einer Volumenmenge von 100 ccm entsprechen. Bei ganz geringen Miktionsmengen sind noch feinere Einstellungen möglich.

Abb. 3 zeigt in einer schematischen Zeichnung unsere Meßanordnung.

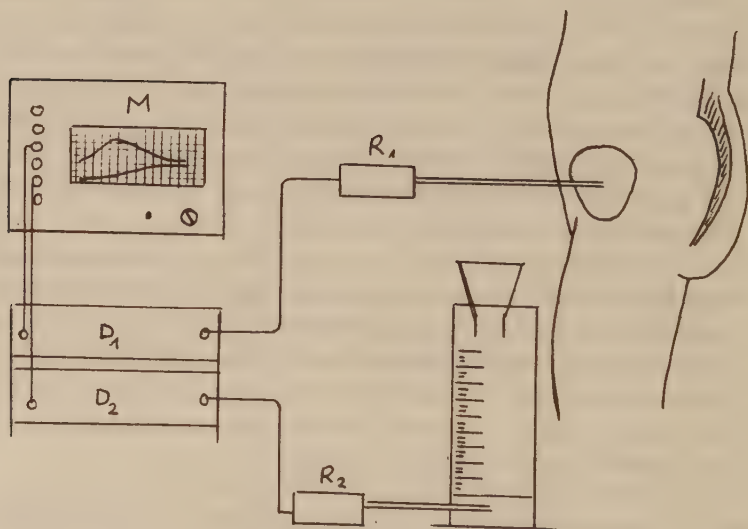


Abb. 3: Schematische Darstellung der Meßanordnung.

- $R_1 + R_2$ = Druckrezeptoren
- $D_1 + D_2$ = Druckmeßgeräte
- M** = Mehrfachkanal-EKG-Gerät.
- Z** = Auffanggefäß.

Während der Miktion lassen wir die männlichen Probanden stehen und die weiblichen sitzen, Kleinkinder liegen. Dabei ist zu beachten, daß während der Druckmessung der Druckrezeptor in Höhe der Harnblase befestigt wird.

Klinische Anwendung der simultanen Druck-Fluß-Messung.

Da bereits in zahlreichen Veröffentlichungen sehr eingehende Grundlagenuntersuchungen angestellt worden sind, geht es in dieser Arbeit darum, simultane Druck-Fluß-Messungen an klinischen Fällen vorzunehmen und diese im Zusammenhang mit den bereits bekannten Normwerten auszuwerten. Diese moderne Untersuchungsmethode soll als Hilfe in der Diagnostik der funktionellen Harnröhren- und Blasenpathologie verwertbar gemacht werden.

Der typische Miktionsverlauf.

Beim Gesunden läßt sich die Miktion wie in Abb. schematisch dargestellt, beobachten.

Vor der Miktion haben wir einen intravesikalen Ruhedruck (P), welcher der Blasenwandspannung bei einem entsprechenden Füllvolumen entspricht. Der intravesikale Druck beginnt vor Einsetzen des Miktionsflusses zu steigen und hat bei Miktionsbeginn bereits einen Druckwert erreicht, der ungefähr dem halben maximalen Druck entspricht (A = Prä-miktionsdruck). Der Druck steigt kontinuierlich bis zum maximalen Druck (M) weiter. Danach bleibt der intravesikale Druck etwa auf gleicher Höhe und vermindert sich gleichmäßig bis gegen Ende des Miktionsflusses (E), wobei er bereits den Nullwert erreicht haben kann oder nur wenig darüber ist. In vielen Fällen schließt sich noch eine Nachkontraktion (N) an, die oft den doppelten maximalen Druck erreichen kann. Diese Nachkontraktion variiert sehr stark und läßt sich nicht immer registrieren.

Nach Beendigung der Miktion finden wir den Ruheleerdruck (PR), der stets niedriger als der Prämiktionsdruck ist und meist auf der Nulllinie verläuft.

In besonderen Fällen kann man die atmungsabhängigen intraabdominellen Druckschwankungen mitregistrieren. Diese äußern sich dann in einem wellenförmigen Verlauf der Druckkurve.

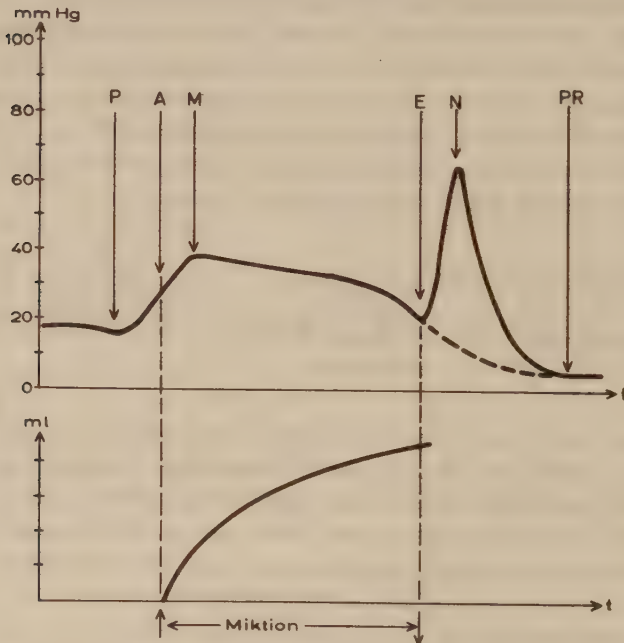


Abb. 4: Schematische Darstellung des typischen Miktions-Druck-Fluß-Verlaufes.

Der Miktionsfluß ist während der ersten Phase, ungefähr bis zum Erreichen des maximalen Druckes am größten ($F_{\max}$) und nimmt dann kontinuierlich bis gegen Ende ab. Über die gesamte Miktionszeit läßt sich der mittlere Fluß (F_m)

bestimmen. Dieser hat jedoch gegenüber dem maximalen Flußwert geringeren Aussagewert, da dieser den tatsächlichen Strömungsverhältnissen in der Harnröhre direkt entspricht und aus der registrierten Meßkurve zu jedem Zeitpunkt der Miktion bestimmt werden kann (F_t).

Aus der Differenz des maximalen intravesikalen Druckes und des Prämiktionsdruckes läßt sich außerdem ein Wert für die echte Detrusorkontraktion während des Miktionsvorganges ermitteln und man hat damit ein echtes Maß für die Kontraktionsfähigkeit der Blasenwand.

Als Mittelwerte für eine Beurteilung eines Urodynogrammes dürfen heute folgende Werte angesehen werden:

Ruhefüllungsdruck (P)	15 - 20	mm Hg
Prämiktionsdruck (A)	30	mm Hg
Maximaler Druck (M)	40 - 50	mm Hg
Ende der Miktion (E)	35	mm Hg
Nachkontraktion (N)	bis 80	mm Hg
Ruheleerdruck (PR)	8 - 0	mm Hg

Pathologische Miktionskurven.

Die Untersuchungen wurden an ausgewählten Patienten durchgeführt. Bei allen 40 untersuchten Patienten waren Störungen im Organbereich der Harnblase und der Harnröhre bekannt oder anamnestisch zu erwarten. Die Probanden waren beiderlei Geschlechts, vorwiegend Kinder und Jugendliche. Abb. 5 zeigt die Altersverteilung der untersuchten Patienten.

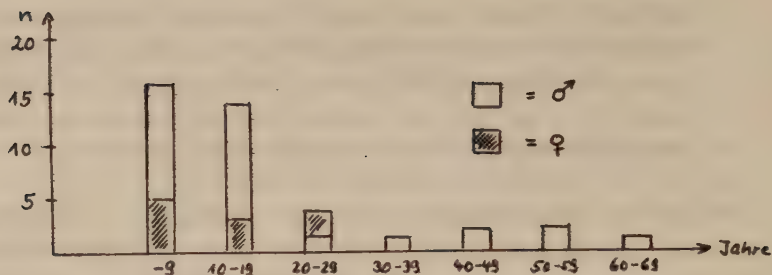


Abb. 5: Verteilung der Altersgruppen der untersuchten Patienten.

Die Krankheitsbilder der Probanden können in mehrere Gruppen unterteilt werden:

1. Störungen des Harntransportes durch Obstruktionen in der Harnröhre oder im Blasenhal;
2. Störungen der Balsefunktion aus verschiedener Ursache: Megacystis, Megacystis-Ureter-Syndrom, außerdem Reflux und größere Blasendivertikel;
3. Neurogene Blasenstörungen und Inkontinenzsymptome.

Eine isolierte Störung der Urodynamik entsprechend diesen Hauptgruppen ist möglich. Es finden sich aber häufig Kombinationen der einzelnen Krankheitsbilder.

1. Patienten mit einer obstruktiven Störung des Harntransportes.

Bei diesen den Ausfluß des Urins beeinträchtigenden Erkrankungen handelt es sich vorwiegend um stenosierende Erscheinungen. Am zahlreichsten sind Stenosen oder Strikturen im Blasenhalbereich und der Pars prostatica der Harnröhre. Dafür können verschiedene Ursachen vorliegen: eine angeborene Anomalie mit Obstruktion, Harnröhrenklappen oder -divertikel, ferner Narbenstrikturen traumatischer Genese, Blasenhalssklerose, Prostatahypertrophie und -tumoren mit stenosierendem Effekt, schließlich

auch nervöse Innervationsstörungen. Auch kann der Harntransport bereits bei entzündlichen Vorgängen in diesem Organbereich gestört sein.

In dieser Gruppe untersuchten wir 11 Patienten mit einer Harnröhrenstenose, davon 3 Patienten mit einer Harnröhrenklappe und 1 Patient mit einer Narbenstriktur nach einem Trauma der Harnröhre. 7 Patienten waren mit einer Blasenhaliskontraktur diagnostiziert. Bei 3 Patienten lag eine kombinierte Harnröhren- und Blasenhalstörung im Sinne einer Obstruktion vor. Einen Überblick über die gewonnenen Druck- und Flußwerte gibt Abb. 6.

Patienten		Mikt. Vol. ml	Rest- urin ml	Mikt. Zeit sec	Fluß F _{max}	ml/sec F _m	Druck P	mm Hg M	PR
4	H	280	-	40	-	7,0	70	105	0
8	H	250	-	25	-	10,0	45	50	10
12	B	280	-	32	-	8,8	60	80	15
14	B	250	200	69	-	3,65	40	120	35
15	H	100	-	40	10,0	2,5	25	80	0
15	H	90	-	39	5,0	2,05	40	100	0
19	B	460	50	36	16,5	13,0	35	55	20
22	H	50+75	+++	92+ 104	2,5	0,7	35	90	20
27	B	170	-	42	6,5	4,05	30	95	0
31	B+H	240	10	10	27,5	24,0	20	40	10
33	H	100	-	18	9,0	5,6	60	70	0
36	B+H	170	30	42	6,0	4,0	35	60	30
38	H	400	-	48	15,5	8,35	25	80	0
42	H	150	-	17	18,0	8,9	25	50	15
43	B+H	200	50	44	-	4,5	20	55	10

Abb. 6: Überblick über die Druck- und Flußwerte bei Patienten mit einer obstruktiven Störung des Harntransportes. (H = Stenose in der Harnröhre, B = Blasenhalsoberstruktion)

In einer graphischen Darstellung (Abb. 7) sind diese Druckwerte schematisch zusammengefaßt und erlauben einen Überblick über die Abweichungen vom typischen Miktionsverlauf. Nur in einem Fall, bei einem 5-jährigen Mädchen mit vermuteter Blasenhaliskontraktur und Harnröhrenausgangsstenose, liegen die Druckwerte im Normbereich. Entsprechend beträgt auch die maximale Flußrate 27,5 ml/sec. Die Diagnose einer Harnröhren- und Blasenhalstriktur war bei diesem Kind auf Grund einer Röntgenkontrastmitteluntersuchung gestellt worden.

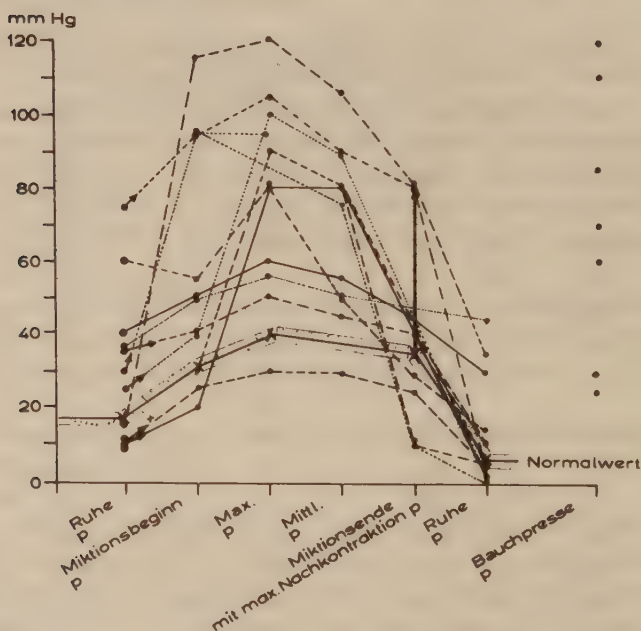


Abb. 7: Schematische Übersicht über die Blasen-druckwerte im Miktionsablauf bei Obstruktion des Blasenhalases und der Harnröhre.

Die Abb. 8 zeigt die Originaldruck- und Flußkurve eines 12-jährigen Jungen mit angeborener Harnröhrenstenose. Der Blaseninnendruck und der Urinfluß in der Zeiteinheit wurden entsprechend der beschriebenen Versuchsanordnung gemessen. Gleichzeitig wurde die Bauchatmung mittels einer auf der Bauchwand durch Heftpflaster fixierten Blutdruckmanschette (Kleinkindergröße) über Lufttransmission mit einem Elema-Schönander-Druckrezeptor registriert.

Der Ruhefüllungsdruck schwankt zwischen 28 - 45 mm Hg und ist erhöht. Etwa 3 Sekunden vor Miktionsbeginn steigt der Blaseninnendruck von 28 auf 42 mm Hg an. Gleichzeitig mit dem Miktionsbeginn verkleinert sich die relative Druckamplitude der in- und expiratorischen Druckwerte der Bauchatmungskurve, während der Blaseninnendruck einen Wert von etwa 90 mm Hg ansteigt und im weiteren Miktionsablauf Werte von 100 mm Hg erreicht. Die Störung des kontinuierlichen Urinflusses im Kurvenbild ist durch die fast tröpfelnde Urinentleerung bedingt und weist auf die Empfindlichkeit der Meßmethode hin.

Die Miktionsrate beträgt im ersten Miktionsabschnitt 5 ml/sec, jedoch umgerechnet auf die gesamte Miktionsdauer nur 2,04 ml/sec bei einer Miktionsdauer von 33 Sekunden und einem Miktionsvolumen von 90 ml. In der eigentlichen Nachkontraktionsphase beträgt der mittlere Tröpfelfluß nur 1,45 ml/sec.

Ein weiteres Beispiel für eine Harnröhrenkontraktur gibt die Fluß-Druck-Kurve eines 9-jährigen Knaben (Abb. 9). Deutlich erhöhte, von der Bauchatmung beeinflusste Ruheleerdruckwerte von 45 bis 70 mm Hg. 2 Sekunden vor Miktionsbeginn kommt es zu einer geringen Druckerhöhung bis 75 mm Hg. Bereits 2 bis 3 Sekunden nach Einsetzen des Miktionsflusses fällt der Blaseninnendruck kontinuierlich auf 10 mm Hg, die bis zum Miktionsende erhalten bleiben, erst dann wird die Nulllinie erreicht, wobei die Druckschwankun-

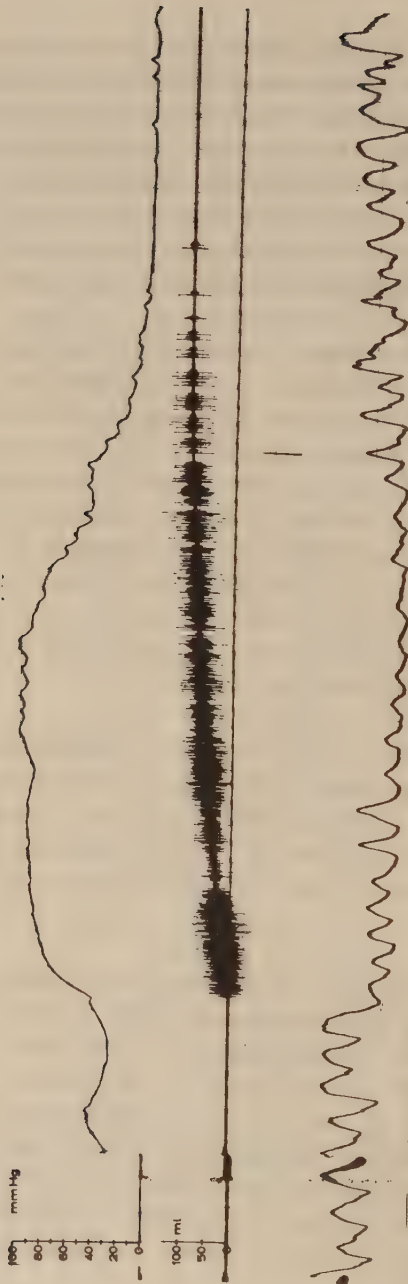


Abb. 8: Miktionsdynamogramm mit gleichzeitiger Registrierung der Bauchatmung bei 12-jährigem Jungen mit Harnröhrenstenose. (Zeitschreibung 5 mm $\hat{=}$ 1 sec)

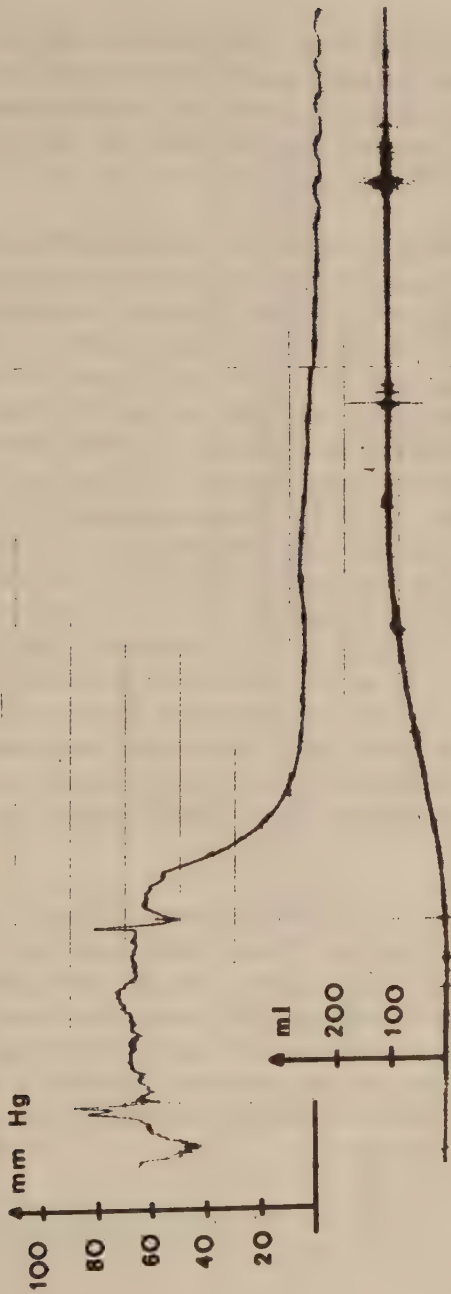


Abb. 9: Miktionsdynamogramm eines 9-jährigen Knaben
mit einer Harnröhrenkontraktur.

gen der Bauchatmung wieder mitregistriert werden. Die mittlere Miktionsflußrate beträgt 5,6 ml/sec, der maximale Wert von 9,0 ml/sec wird erst im mittleren Miktionsabschnitt erreicht, wenn bereits der Blaseninnendruck auf 15 bis 10 mm Hg abgesunken ist.

Ein typisches Beispiel für eine organische Blasenhalsskontraktur bei einem 44-jährigen Patienten mit Blasenhalssklerose gibt Abb. 10. Der intravesikale Ruhedruck beträgt 30 bis 40 mm Hg, steigt dann auf Werte von 40 bis 50 mm Hg und dann innerhalb von 5 Sekunden auf 95 mm Hg. Erst jetzt setzt die Miktion ein. Wie aus der ungestörten Flußkurve zu sehen ist, erfolgt der Miktionsfluß sehr gleichmäßig. Sobald die Miktion effektiv begonnen hat, fällt der Blaseninnendruck gering ab auf Werte um 80 mm Hg. Nach Entleerung von 40 ml Urin geht er kontinuierlich innerhalb von 16 Sekunden auf einen Wert von 4 mm Hg zurück, wobei sich die Flußrate von 6,5 ml/sec auf 4,05 ml/sec vermindert. Das Miktionsvolumen beträgt 170 ml bei einer Miktionsdauer von 42 Sekunden. Kurz vor der vollständigen Entleerung der Harnblase steigt der Druck durch auxiliäre Bauchatmung und Bauchpresse nochmals auf 8 mm Hg an. Es kommt jedoch nur noch zu einer tröpfelnden Entleerung, wie die Flußkurve zeigt.

Wie sich die operative Korrektur einer Blasenhalsskontraktur bei einem 8-jährigen Knaben ausgewirkt hat, bringt Abb. 11 in einem Vergleich der präoperativen Druck- und Flußwerte mit den postoperativen Meßergebnissen. Besonders deutlich ist die Verbesserung der Flußrate von 8,8 ml/sec auf 13,3 ml/sec und einen maximalen Flußwert von 18 ml/sec. Die Blasendruckwerte haben sich noch nicht wesentlich verbessert.

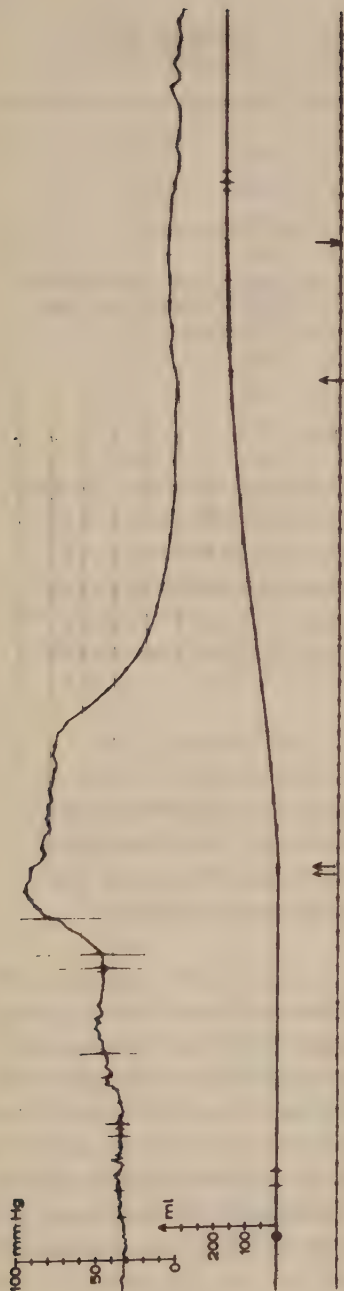


Abb. 10: Typisches Miktionsdynamogramm bei Blasenkontraktur (44-jähriger Patient mit Blasen-sklerose).

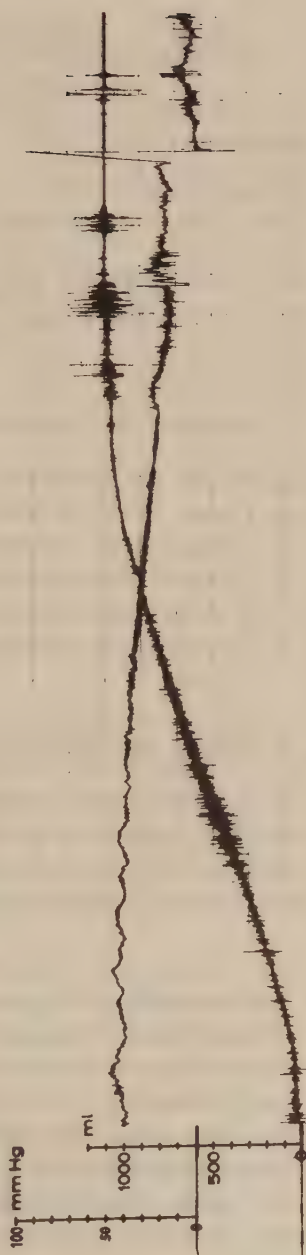


Abb. 13: Miktionsdynamogramm bei Megacystis (10-jähriges Mädchen).

	Mikt. Zeit sec	Fluß ml/sec		Druck mm Hg		
		F _{max}	F _m	P	M	PR
präoperativ	32	-	8,8	60	80	15
postoperativ	15	18,0	13,3	40	70	10

Abb. 11: Vergleich der präoperativen und postoperativen Fluß- und Druckwerte bei einem 8-jährigen Knaben mit einer Blasenhaliskontraktur.

2. Intravesikale Funktionsstörungen.

In dieser Gruppe wurden 28 Patienten untersucht. Es handelt sich dabei um sehr verschiedene Krankheitsbilder:

Megacystis, Megacystis-Megaureter-Syndrom, z. T. auch kombiniert mit Uretermündungsstenose, ferner um Blasendivertikel, neurogene Blasenstörungen, Inkontinenz, muskuläre Dysfunktion und Blaseninfektion.

a. Gruppe mit Megacystis.

Diese Gruppe kann neben der Erweiterung der Harnblase auch gleichzeitig mit einer Erweiterung der Harnleiter kombiniert sein. Abb. 12 zeigt in einer Übersicht die ermittelten Druck- und Flußmeßwerte dieser Gruppe.

Ein Beispiel für den Druck- und Flußverlauf bei einer Megacystis eines 10-jährigen Mädchens ist Abb. 13. Das maximale Blasenfüllungsvolumen beträgt 1200 ml Flüssigkeit. Der Ruhedruck liegt bei 40 mm Hg und steigt bei Miktionsbeginn innerhalb 1 Sekunde auf 50 mm Hg an und ändert sich bis zur halben Miktionszeit nicht. Lediglich wellenförmige Druckschwankungen von 5 bis 8 mm Hg lassen sich registrieren. Diese sind der Effekt der auxiliären Bauchpresse und der Bauchatmung. Der Miktionsdruck fällt erst im zweiten

Pat. Nr.	Mikt. Vol.	Rest-urin	Mikt. Zeit	Fluß ml/sec		Druck mm Hg		
	ml	ml	sec	F _{max}	F _m	P	M	PR
1	1000	280	37	-	17,5	30	90	30
2	1200	-	80	-	15,0	30	80	0/-5
9	920	80	66	-	14	30	50	0/20
11	900	60	50	-	14	35	65	15
12	280	-	32	-	8,8	60	80	15
16	1100	100	44	28,0	25,0	40	50	15
17	260	140	79	15	2,0	25	75	55
18	500	-	75	29	6,7	0	50	0
20	900	-	-	-	-	30	50	30
25	200	-	15	18	13,3	40	70	10
29	300	-	36	11,5	8,4	30	60	0
36	350	50	87	6	4	35	60	30
43	200	100	17	-	4,5	20	60	30

Abb. 12: Übersicht über die Fluß- und Druckwerte bei Megacystis.

Miktionsabschnitt etwas schneller ab. Trotzdem bleibt er nach Beendigung der Miktion auf einem Endwert von 15 bis 10 mm Hg stehen. Bei einem Miktionsvolumen von 110 ml und einer Miktionszeit von 44 Sekunden ergibt sich eine mittlere Flußrate von 25 ml/sec. Bei der Nachkatheterisierung konnten noch 100 ml Resturin aus der Blase entfernt werden.

Die Fluß-Druckkurve bei einem 11-jährigen Jungen mit Megacystis-Megaureteren-Syndrom zeigt ein charakteristisches Verlaufsbild: Der Prämiktionsdruck liegt bei Null und bleibt, abgesehen von einer durch die Bauchpresse bedingten Druckschwankung, bei Miktionsbeginn, auf Null solange, bis sich die Harnblase zu einem Drittel entleert hat. Erst jetzt äußert sich ein Druckanstieg in der Blase in wellenförmigem Verlauf, so daß die Druckwerte ständig zwischen 30 und 40 mm Hg schwanken und so mehr der Ausdruck

der Bauchpresse und Atmung sind als echte Kontraktionen der Blasenwandmuskulatur. Am Ende der Miktion fällt der Druck sogleich wieder steil auf den Nullwert ab. In der Nachkontraktionsphase treten bei vollständiger Blasenentleerung Druckspitzen bis maximal 50 mm Hg auf. Trotz dieser geringen Miktionsdrucke finden wir einen maximalen Fluß von 29 ml/sec, als Mittelwert 6,7 ml/sec.

Abb. 14 zeigt am Bild des Miktionsurodynamogramms eines 31-jährigen Patienten mit Megaureter bei einer Blasenhalspathologie einen ähnlich abgeflachten Druckverlauf bei allgemein reduzierter Flußrate.

b. Vesiko - ureteraler Reflux.

Als Beispiel zeigt Abb. 15 das Miktionsurodynamogramm eines 5-jährigen Kanben mit Megacystis-Megaureter-Syndrom. Die Harnblase ist mit 400 ml körperwarmer physiologischer Kochsalzlösung aufgefüllt. Der Ruhedruck schwankt zwischen 25 und 35 mm Hg und steigt bis zum Miktionsbeginn in 3 Sekunden auf 40 mm Hg an. Erst nach weiteren 10 Sekunden erhöht er sich langsam auf den Maximalwert von 60 mm Hg mit einzelnen Druckspitze bis 70 mm Hg. Während dieses ersten Miktionsabschnittes beträgt die Flußrate 15 ml/sec. Nach der zweiten Druckspitze von 70 mm Hg, 20 Sekunden nach Miktionsbeginn, wird der Druckverlauf plötzlich annähernd linear und flacht nur langsam von 70 auf 62 mm Hg bis zum Miktionsende nach einer Miktionsdauer von insgesamt 79 Sekunden ab. Während dieses zweiten Miktionsabschnittes beträgt die Flußrate noch 2 ml/sec. Mit dem Moment, an dem die Druckkurve linear wird und der Fluß reduziert ist, ist der Refluxbeginn markiert. Außerdem klagte der Patient über plötzliche kolikartige Schmerzen in beiden Nierenlagern. Beim Nachkathetern fanden sich noch 140 ml Resturin.

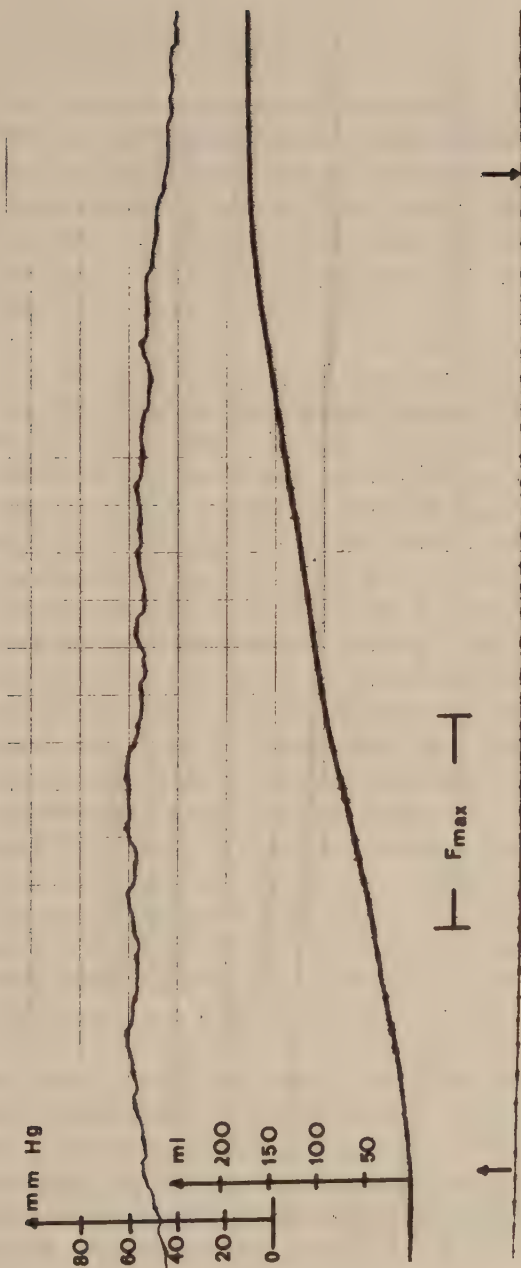


Abb. 14: Miktionsdynamogramm eines 31-jährigen Patienten mit Megaureter bei einer Blasenhalspathologie.

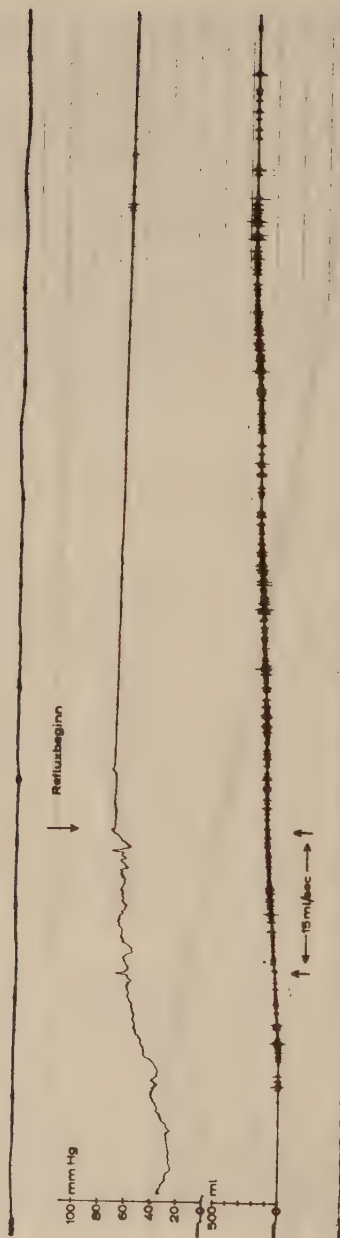


Abb. 15: Typisches Miktionsdynamogramm bei 5-jährigem Knaben mit Megacystis-Megaureter-Syndrom mit Refluxbeginn.

c. Blasenwanddivertikel.

Bei längerem Bestehen eines distalen Ausflußhindernisses kann es bei entsprechender Disposition auch zur Entstehung von Divertikeln in der Blasenwand kommen. Bei den untersuchten Patienten waren auch 2 Fälle mit Blasendivertikel. Es ergaben sich jedoch unterschiedliche Meßergebnisse, wohl weil die primäre Erkrankung dominierend war.

Abb. 16 zeigt das Miktionsurodynamogramm eines 23-jährigen Patienten mit einem sehr großen Blasendivertikel bei distaler Blasenhalstenose. Die Harnblase ist gefüllt mit 600 ml Flüssigkeit. Der Ruhedruck von 35 mm Hg steigt kontinuierlich in 8 Sekunden bis zum Miktionsbeginn auf einen Wert von 50 mm Hg in den nächsten 3 Sekunden bis zum maximalen Druck von 55 mm Hg an. Mit wellenförmigen Druckschwankungen um 5 mm Hg bleibt der Miktionsdruck auf gleichen Werten ungefähr 12 Sekunden lang. Auf zwei kleine Druckspitzen bis 56 mm Hg innerhalb 0,8 Sekunden beginnt der Blaseninnendruck gleichmäßig linear bis zum Ruheleerdruck von 48 mm Hg abzusinken. Erst nach einer kräftigen Bauchpressenaktion (maximaler Druck 85 mm Hg) lange nach Miktionsende sinkt der Ruheleerdruck auf 30 mm Hg. Während des ersten Miktionsabschnittes beträgt die Flußrate 10 ml/sec und erreicht im zweiten Abschnitt 17 ml/sec. Das Miktionsvolumen ist 450 ml. Da sogleich nach Miktionsende nichts abkatheterisiert werden konnte, müssen die noch fehlenden 150 ml Flüssigkeit in dem Divertikel der Blasenwand als Resturin verblieben sein.

Bei dem anderen Patienten, einem 66-jährigen Mann mit röntgenologisch nachgewiesenen 2 großen und einem kleineren Divertikel bei gleichzeitig bestehender Blasenhalstenose, zeigt das Miktionsurodynamogramm das Bild einer ausgeprägten Abflußbehinderung mit maximalen intravesikalen Druckwerten bis 140 mm Hg. Erst nach einem 46 Se-

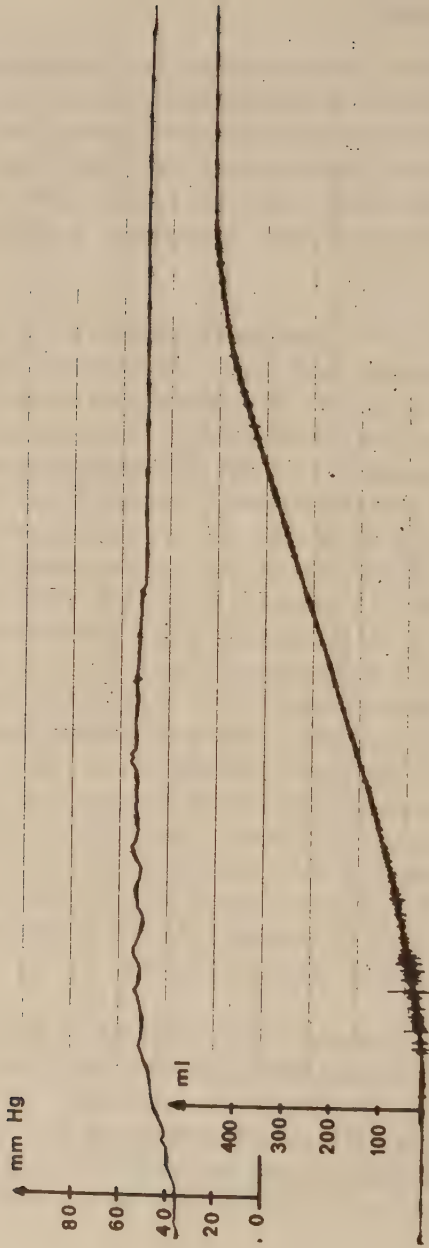


Abb. 16: Miktionsdynamogramm eines 23-jährigen Patienten mit Blasendivertikel bei distaler Blasenhalssstenose.

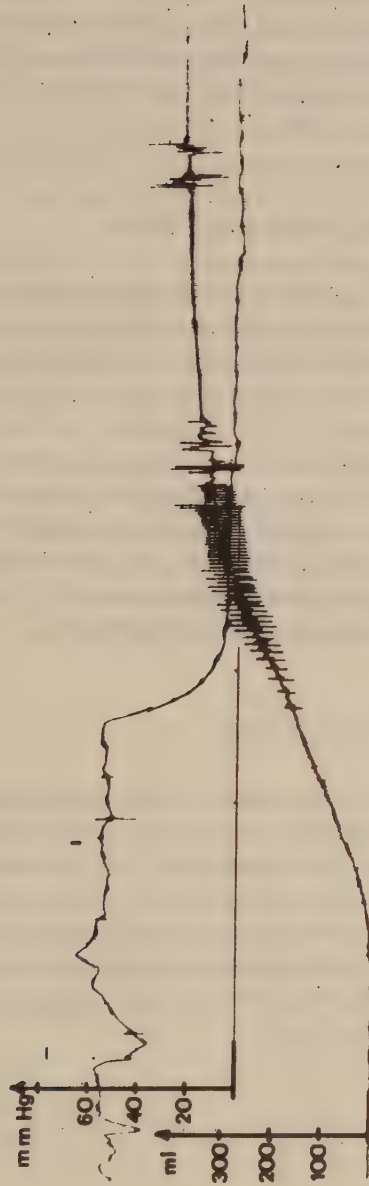


Abb. 17: Miktionsdynamogramm eines 10-jährigen Mädchens mit muskulärer Dysfunktion der Harnblase ohne organische Erkrankung.

kunden langen Pressen kommt der Urinfluß in Gang, dabei schwankt der Blasendruck ständig um 120 mm Hg. Nach 54 Sekunden erst fällt der Druck linear auf Null ab. Bei einer Miktionsdauer von 104 Sekunden und einem Miktionsvolumen von 350 ml beträgt die Flußrate 7 ml/sec, der Mittelwert 3,4 ml/sec.

d. Muskuläre Dysfunktion der Blase.

Abb. 17 zeigt das Miktionsurodynamogramm eines 10-jährigen Mädchens, das über Beschwerden bei der Miktion klagte, bei dem jedoch keine organische Erkrankung festgestellt werden konnte. Die Druck-Flußmessung ergibt einen Ruhedruckwert von 35 bis 55 mm Hg. Am Miktionsbeginn kommt es zu einer kurzfristigen Drucksteigerung bis 65 mm Hg, der Druck bleibt bis zur halben Miktionszeit auf 55 mm Hg erhalten, dann sinkt er innerhalb 4 Sekunden kontinuierlich bis auf 4 mm Hg und erreicht nach Miktionsende die Nulllinie. Das Miktionsvolumen beträgt 500 ml, die maximale Flußrate 22 ml/sec. Kein Resturin.

e. Neurogene Blasenstörung.

Bei neurogenen Blasenfunktionsstörungen wurden in großer Anzahl Untersuchungen über Druck und Fluß bei der Miktion angestellt. Auch ein Symposium über dieses Thema 1968 konnte keine endgültige Klärung bringen. Unsere Untersuchungen bei 5 Kindern bringen sehr unterschiedliche, vor allem von intraabdominellen Druckschwankungen überlagerte intravesikale Druckwerte. Die Flußrate wird in keinem der Fälle davon beeinflusst.

f. Inkontinenz.

Die Balseninkontinenz kann traumatischer Natur durch eine Nervenlähmung oder durch eine muskuläre Störung verursacht sein. In einer Monographie hat Enhörning spezielle hydrodynamische Transmissionsmessungen an einer größeren Versuchsreihe genau beschrieben. Danach liegt bei einer normal gefüllten Harnblase der Blaseninnendruck unter dem Druck in der Harnröhre. Beim Husten des Probanden kommt es beim Gesunden zu einem höheren Druck im Harnröhrenbereich gegenüber dem Blaseninnendruck. Liegt jedoch eine Harnröhreninkontinenz vor, dann tritt beim Hustenversuch eine geringere Druckwirkung in der Harnröhre gegenüber dem Blaseninnendruck auf.

Aus unseren Untersuchungen, die nur nach der oben beschriebenen Meßanordnung durchgeführt wurden, konnten wir bei den durchgeführten Messungen bei 3 Patienten keinediesbezüglichen Ergebnisse erzielen. Wir konnten lediglich feststellen, daß durchweg die Miktionsdruckwerte bis 75 und 125 mm Hg erhöht waren.

g. Blaseninfektion.

Daß auch Entzündungen die Funktion der Harnblase und der Harnröhre beeinträchtigen können, zeigt die Abb. 18 (17-jähriges Mädchen). Die Blasendruckwerte und die Flußrate von 21 ml/sec entsprechen normalen Miktionswerten. Der Druck steigt jedoch in der Nachkontraktionsphase bis auf Druckwerte von 68 mm Hg an und erreicht erst nach 30 Sekunden den Ruheleerdruk von 25 mm Hg.

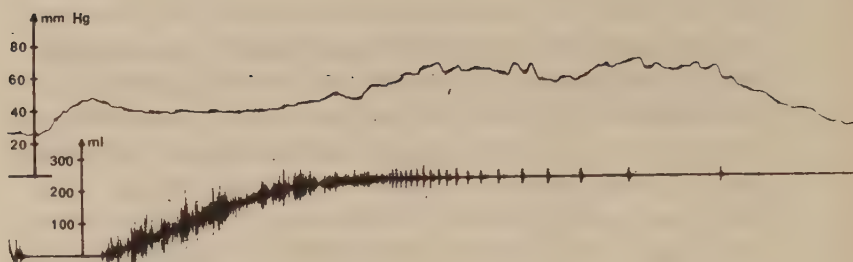


Abb. 18: Miktionsdynamogramm eines 17-jährigen Mädchens mit einer Blaseninfektion.

Fehler und Komplikationen.

Methodische und technische Fehler bei diesen urodynamischen Untersuchungen können verschiedentlich auftreten. Es ist daher wichtig, vor jeder Untersuchung die Eichung und Einstellung der Druckrezeptoren und des Registriergerätes zu überprüfen.

Methodische Fehlerquellen können entstehen, wenn zum Beispiel der Auffangtrichter des Sammelgefäßes eine zu kleine Auslaßöffnung besitzt. Dadurch wirkt der Trichter wie ein Gleichrichter und die Miktionsmenge in der Zeiteinheit entspricht nur einer mittleren Flußrate, abgesehen von einer größeren Verzögerung in der Registrierung des Flusses gegenüber der Druckschreibung. Ferner soll der Trichter eine Form haben, die vor allem den anatomischen Bedingungen bei der Miktion der Frau entspricht, damit keine Flüssigkeit der Messung verloren geht.

Wichtig ist außerdem, daß die Flüssigkeit, mit der die Harnblase aufgefüllt wird, auf Körpertemperatur erwärmt ist, und nicht zu schnell in die Blase einläuft. Sofern

man ein Infusionssystem benutzt, kann man die Einlaufgeschwindigkeit indirekt aus der Tropfgeschwindigkeit ersehen. Die Blasenwand muß in der Lage sein, sich langsam auf das zunehmende Flüssigkeitsvolumen einstellen zu können. Andernfalls kann es zu unphysiologischen Reflexen kommen und der Miktionsdruck wird artifiziell verändert und die Blase füllt sich nicht optimal.

Besonders muß man auf die Möglichkeit des Auslösens einer Nierenkolik infolge Refluxes in die Harnleiter und Nierenbecken achten. Auch kann es beim Auffüllen der Harnblase mit einer zu kühlen Flüssigkeit reflektorisch zu einer Harnsperrre kommen.

Diskussion.

Durch die simultane Blasendruck- und Flußmessungen bei klinischen Fällen sollte diese Untersuchungsmethode auf den praktischen Anwendungsbereich untersucht werden. Dabei ergaben sich zum Teil eindrucksvolle, zum Teil aber auch nur allgemeingültige oder überhaupt keine Hinweise auf das pathophysiologisch-funktionelle Verhalten verschiedener Krankheitsbilder der unteren Harnwege.

Zusammenfassend läßt sich folgendes feststellen:

1. Bei den Erkrankungen der Harnröhre und des Blasenhalsses mit stenosierenden Erscheinungen im Sinne einer mechanischen erschwerten Entleerung der Harnblase ergeben sich diese Charakteristika:

ein verminderter Fluß pro Zeiteinheit
bei unseren Messungen liegen die mittleren
Werte zwischen 0,7 und 12,8 ml/sec

ein erhöhter intravesikaler Druck
a. bereits als Prämiktionsdruck, um das Ausflußhindernis aktiv zu überwinden (beson-

- ders deutlich bei Blasenhalssklerose)
- b. auch der Blasendruck während der Miktion bleibt lange auf fast gleicher Höhe, um den Fluß aufrecht zu erhalten, und fällt erst gegen das Miktionsende langsam ab
 - c. bei vorhandenem Resturin bleibt auch der Ruheleerdruck noch erhöht über 5 bis 10 mm Hg. Bei vollständig entleerter Blase fällt der Druckwert auf etwa Null ab.

2. Ein erhöhter Ruheleerdruck nach der Nachkontraktionsphase ist verdächtig auf Resturin. Die Menge des Resturins kann aber nur durch Nachkathetern festgestellt werden.

Die Druck- und Flußmessung bei der Megacystis zeigt nach unseren Untersuchungen als Besonderheit einen flachen Druckablauf bei oft nur mäßig erhöhten Ausgangsdruckwerten. Dabei bleibt ein Restdruck von über 10 mm Hg (meist um 30 mm Hg) bestehen, der auf Resturin hinweist. Dieser Druckverlauf deutet darauf hin, daß eine maximale Blasenfüllung keine außerordentlichen Aktionen der Blasenwandmuskulatur mehr zuläßt. Lediglich die Bauchpresse kann in minimalen Grenzen als Auxiliärmuskulatur zu Hilfe genommen werden. Ist dagegen eine Megacystis nur zur Hälfte gefüllt, bzw. hat sich bereits zum Teil entleert, können unter Umständen noch Kontraktionen der Blasenwand möglich werden, wodurch dann auch die Flußrate verbessert wird.

4. Der Verlauf der Druckkurve bei refluxiven Harnleitern ist charakterisiert durch den plötzlichen nahezu linearen Druckverlauf nach Eintreten des Refluxes, der durch einen geringen Druckanstieg um wenige mm Hg schon ausgelöst werden kann. Gleichzeitig wird die Flußrate vermindert. Wegen der beim Reflux in die Harnleiter und Nierenbecken auftretenden Komplikationen sollte in solchen Fällen die Druck- und Flußmessung besser unterbleiben.

5. Bei größeren Blasenwanddivertikeln erhalten wir ein ähnliches Bild des Druckverlaufes wie bei refluxiven Ureteren. Der Unterschied liegt in der Flußrate, die sich in diesem Fall nicht ändert. Die Linearität der Druckkurve kann durch das Einströmen des Urins aus der Harnblase in das Divertikel entstehen. Dadurch wird die Druckaktivität der Blasenwandmuskulatur teilweise nivelliert.

6. Die durch ein Abflußhindernis im Blasenhals- und Harnröhrenbereich oft enorm erhöhten intravesikalen Drucke entsprechen einem kompensatorisch gesteigerten Arbeitsaufwand der Blasenwandmuskulatur. Ein echtes Maß für diesen Kompensationszustand der Harnblase gibt die echte Detrusorkontraktion (maximaler Miktionsdruck minus Prämiktionsdruck), die deutlich erhöht ist. Bei sehr langem Bestehen des Abflußhindernisses oder einer Überdehnung der Blasenwand kann es jedoch zu einer Dekompensation der Blasenwandmuskulatur kommen und die Detrusorarbeitsleistung wird gegenüber dem Normalwert kleiner.

Da jedoch auch bei einer maximal gedehnten Harnblase, z. B. bei Megacystis die Flußrate normale Werte zeigen kann, genügt in diesen Fällen offenbar das Füllungsvolumen und tonogene Spannungszustand der Blasenwand, um die Urinmenge auszutreiben. Aus diesem Grunde ist eine simultane Druck- und Flußmessung angebracht.

7. Als eine objektive Methode läßt sich mit dieser Untersuchungsmethode die postoperative Verbesserung gegenüber einer präoperativ angefertigten Untersuchung als ein Erfolg der Therapie beurteilen.

8. Bei den verschiedenen anderen Erkrankungen, die in die Untersuchung mit eingeschlossen waren, ist keine Beurteilung auf Grund der Meßergebnisse möglich. Zum Teil bestätigen sie jedoch das durch vorausgegangene andere Untersuchungen gewonnene klinische Bild.

Zusammenfassung.

Die simultane Druck- und Flußmessung ist heute eine bereits anwendbare Methode zur diagnostischen Klärung der physiologischen und pathophysiologischen Funktion der Harnblase und Harnröhre. Es ergibt sich die Möglichkeit, neben dem Flußvolumen pro Zeiteinheit synchron das intravesikale Druckverhalten der Blasenwandmuskulatur, das für die Miktion das entscheidende Ereignis darstellt, kritisch zu beurteilen.

Für die Diagnostik bei Erkrankungen der Harnröhre und des Blasenhalases kann dieses Untersuchungsverfahren bedeutsam sein, vor allem bei der Interpretation der funktionellen Auswirkungen von röntgenologisch festgestellten Obstruktionen in diesem Organbereich. So weisen deutlich erhöhte Druckwerte bei der Miktion auf ein Ausflußhindernis hin, im anderen Fall bei normalen Druck- und Flußwerten schließen sie ein solches aus. Außerdem erlaubt die Miktionsdruckkurve differenzierte Aussagen über die Aktivität der Blasenwandmuskulatur und deren Kontraktionsfähigkeit. Es lassen sich auch aus dem Druckverlauf unter Umständen bei refluxiven Harnleitern der Refluxbeginn oder bei Blasendivertikeln deren den Blaseninnendruck kompensierenden Einfluß erkennen. Sind jedoch verschiedene Krankheitsbilder miteinander kombiniert, dann werden die physikalischen Meßwerte verfälscht und lassen sich nicht auswerten. Sicherlich ist diese Methode als eine objektive Kontrolle für den Erfolg einer operativen Therapie gegenüber präoperativ gemachten Meßwerten zu betrachten.

Abschließend kann man sagen, daß die simultane Druck- und Flußmessung der Miktion eine ergänzende Untersuchungsmethode in der urologischen Diagnostik ist, wenn auch mit einer begrenzten Indikation. Weitere aufschlußreiche Ergebnisse werden zu den bisherigen hinzukommen, wenn diese Methode zu einer klinischen Routineuntersuchung geworden ist.

Literatur.

1. ADLER, A.: Über den Druck in der Harnblase. Mitt. a. d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. 30 (1918) 487 - 544
2. ARBUCKLE, L., PAQUIN, A. J. Jr.: Experimental bladder neck obstruction. I: Incidence of vesicoureteral reflux, upper tract dilation and urinary infection in rabbits. Invest. Urol. 1 (1964) 173 - 189
3. ARBUCKLE, L. Jr., PAQUIN, A. J. Jr.: Experimental bladder neck obstruction. II: Voiding intravesical pressure and rate determinations (electromanometry). Invest. Urol. 1 (1964) 193 - 207
4. ARBUCKLE, L. D. Jr., PAQUIN, A. J. Jr.: Urinary outflow tract resistance in normal human females. Invest. Urol. 1 (1964) 216 - 218
5. BAKER, R., TEHAN, T. and KELLY, T.: Observations on 100 children with bladder neck obstruction. J. Urol. 84 (1960) 334 - 339
6. BRYNDORF, J., and SANDOE, E.: The hydrodynamics of micturition. Dan. med. Bull. 7 (1960) 65 - 71
7. CARDUS, C., BRANTHEY, F., QUESEDA, E. M.: Computer processing of data generated in micturition studies. Invest. Urol. 4 (1966) 262 - 266
8. CARDUS, D., QUESEDA, E. M. SCOTT, F. B.: Studies of the dynamics of the bladder. J. Urol. 90 (1964) 425
9. CATAUTAN-LABAY, P., BOYARSKY, P., NEWMARKT, T., KRUGMANN, A. and GLENN, J. F. Jr.: Study of urologic patients by combined cystometry and uroflowmetry. Neur. Bladder, ed. S. Boyarsky, Baltimore 1967, 90 - 96
10. DAVIS, D. M.: Urodynamics. Ann. Surg. (1958) 839
11. DAVIS, D. M.: The relationship between urethral resistance and chronic urinary tract disease in women. J. Urol. 76 (1956) 270.
12. DAVIS, D. M.: Urinary tract abstraction. J. Urol. 80 (1958) 93
13. DAVIS, D. E.: The study and measurement of urethral resistance. I: The effect of isolation and relocation of the urethra and bladder neck upon continence and micturition. Invest. Urol. 2 (1965) 342

14. DENNY- BROWN, D. and ROBERTSON, E. G.: On the physiology of micturition. Brain 56 (1933) 149
15. DRAKE, W. M. Jr.: The uroflowmeter: An aid to the study of the lower urinary tract. J. Urol. 59 (1948) 650
16. ENHÖRNING, G.: Simultaneous recording of intravesical and intra-urethral pressure. Act. Chir. Scand. Suppl. 1961, 276
17. FISCHER, J.: Cystometrische Erhebungen bei Prostati- kern, Z. Urol. 48 (1955) 743
18. FISTER, G. M., NICHOLS, R. L., ZABRISKIE, C. V. and STUCKI, J. F.: Dynamic urethrography: A cineradio- graphic method. J. Urol. 84 (1960) 733
19. v. GARRELTS, B.: Analysis of micturition; a new method of recording the voiding of the bladder. Act. chir. scand. 112 (1956) 326
20. v. GARRELTS, B.: Intravesical pressure and urinary flow during micturition in normal subjects. Act. chir. scand. 114 (1957) 49
21. v. GARRELTS, B.: Micturition in the normal male. Act. chir. scand. 114 (1957) 197
22. GLEASON, D.M. and LATTIMER, J. K.: A miniature radio transmitter wich is inserted into the blad- der and wich records voiding pressure. J. Urol. 85 (1962) 507
23. GLEASON, D. M. and LATTIMER, J. K.: The interpreta- tion of voiding pressure. J. Urol. 91 (1964) 156 - 160
24. HOPKINS, W. F. and PERCE, J. M. Jr.: Physical param- eters involved in voiding. Neurog. Bladder, ed. S. Boyarsky, Baltimore 1967, 86
25. HUFFMANN, G. C. and KEITZER, W. A.: Urodynamics of the lower urinary tract. Invest. Urol. 3 (1965) 1 - 9
26. HUTCH, J. A. : A new theory of the anatomy of the internal urinary sphincter and the physio- logic of micturition. Invest. Urol. 3 (1965) 36
27. KEITZER, W. A. and HUFFMANN, G. C.: The voiding audio- graph : a new voiding test. J. Urol. 96 (1966) 404

28. LAPIDES, J., AJEMIAN, E. P., STEWART, B. H.,
BREKEY, B. A. and LICHTWARDT, J. R.: Further observations on the kinetics of the urethrov-
vesical sphincter. J. Urol. 84 (1960)
86 - 94
29. LEWIN, M. L., CULP, D. A., FLOCKS, R. H. and
SPICER, P. F.: Dynamics of the lower urinary tract:
a method of study. J. Urol. 96 (1966) 756
30. MORALES, O. and ROMANUS, R.: Urethrography in the
male with a highly viscous, watersoluble
contrast-medium, Umbradilviscous U. Acta
radio. suppl. 95 (1952) 13
31. MURPHY, J. J. and SCHOENBERG, H. W.: Observations on
intravesical pressure changes during mic-
turbation. J. Urol. 84 (1960) 106 - 110
32. MURPHY, J. J., SCHOENBERG, H. W. and TRISTAN, T. A. :
Diagnosis and management of lower urinary
tract dysfunction in children. J. Urol. 89
(1963) 192 - 197
33. MUSCHAT, M., CARP, J. and CHARNY, C. W.: The normal
cystometrograph. J. Urol. 37 (1937) 718
34. NUNN, I. N.: Bladder neck obstruction in children.
J. Urol. 93 (1965) 693 - 699
35. REIN-SCHNEIDER: Physiologie des Menschen, Springer-
Verlag 1964
36. RITTER, R. C., ZINNER, N. R. and PAQUIN, A. J. Jr.:
Clinical urodynamics II: Analyse of pressur -
flow relations in the normal female urethra.
J. Urol. 91 (1964) 161 - 165
37. ROSE, D. K.: Cystometric bladder pressure determinations:
their clinical importance. J. Urol. 17 (1937)
487
38. RUTISHAUSER, G.: Das elektromanometrische Bild der
Harnwegsdynamik unter physiologische und
pathologischen Bedingungen. Fortschr. d. Med.
23 (1965) 919 - 923
39. SCOTT, J. E. S., CLAYTON, C. B., DEE, P. M., and
SIMPSON, W.: A study of the hydrodynamics of the
female urethra. 1. Experiments with mo-
dels. J. Urol. 96 (1966) 763
40. SCOTT, J. E. S., CLAYTON, C. B., DEE, P. M., and
SIMPSON, W.: A study of the hydrodynamics of the fe-
male urethra. 2. Static pressure profile
measurements. J. Urol. 96 (1966) 770

41. SCOTT, F. B., QUESEDA, E. M. and CARDUS, D.: The use of combined uroflowmetry, cystometry and electromyography in neurogenic bladder dysfunction. Neurogenic Bladder, e. S. Boyarsky, Baltimore 1967, 106
42. SCOTT, F. B., QUESEDA, E. M. and CARDUS, D.: Studies on the dynamics of micturition: Observations on healthy men. J. Urol. 92 (1964) 455 - 463
43. SCOTT, R. Jr. and Mac ILHANEY, J. S.: The voiding rates in normal male children. J. Urol. 82 (1959) 224 - 230
44. SIGEL, A.: Messungen der Miktion nach Volumen, Zeit und Druck. Ber. Urol. Ges., 21. Tagg. J. F. Bergmann, München 1966, 150 - 154.
45. SMITH, J. C.: Urethral resistance to micturition. Brit. J. Urol. XL, Nr. 2 (1968) 125 - 156
46. SUSSET, J. K., RABINOVITCH, H. and Mac KINNON, J. K.: Parameters of micturition. Clinical study. J. Urol. 94 (1965) 113 - 121
47. SUSSET, J. G., RABINOVITCH, H. H., ROSARIO, F. and Mac KINNON, J. K.: Measurement of urethral resistance. J. Urol. 96 (1966) 746
48. WESTPHAL, W. H.: Physik. Springer Verlag 1933
49. WHITAKER, J. and JOHNSTON, G. S.: Estimation of urinary outflow resistance in children: Simultaneous measurement of bladder pressure, flowrate, and exit pressure. Invest. Urol. 3 (1966) 379
50. WHITAKER, J. and JOHNSTON, G. S.: Urinary flowrate with two technics of bladder pressure measurement. Invest. Urol. 4 (1966) 235
51. WOODBURNE, R. T.: Structure and function of the urinary bladder. J. Urol. 84 (1960) 79
52. ZINNER, N. R., NORMANN, R. and PAQUIN, A. J. Jr.: Clinical urodynamics I: Studies of intravesical pressure in normale humane female subjects. J. Urol. 90 (1963) 719 - 730
53. ZINNER, N. R. and RITTER, R. C.: Bladder Physiology. Neurogenic Bladder, Ed. S. Boyarsky, Baltimore 1967, 18 - 30

Herrn Prof. Dr. A. Sigel, Vorstand der Urologischen
Abteilung der Chirurgischen Universitätsklinik Erlangen, danke ich für die freundliche Überlassung des
Themas dieser Arbeit.

Meinen herzlichen Dank möchte ich auch Herrn Priv.-
Doz. Dr. R. Leutschaft für die freundliche Unterstützung bei den Miktionsuntersuchungen aussprechen.

Lebenslauf.

Am 21. 2. 1942 wurde ich, Sighart Meier, als Sohn des Dipl. Ing. Alfons K. E. Meier und seiner Ehefrau Lotte, geb. Schmückle in Stuttgart geboren.

Nach 4-jährigem Volksschulbesuch von 1948 bis 1952 in Waldhausen Krs. Aalen, Odenheim Krs. Bruchsal und Erlangen besuchte ich das Humanistische Gymnasium in Erlangen, Metten, das Wilhelms-Gymnasium in München und machte am 18. Juli 1962 das Abitur am Gymnasium Fridericianum Erlangen.

Für das Wintersemester 1962 bewarb ich mich um eine Studienstelle an der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen. Hier studierte ich 12 Semester Medizin.

Am 25. August 1967 heiratete ich die Krankenschwester Silvia Dziergwa.

Im Sommer 1968 bewarb ich mich um Zulassung zur Ärztlichen Prüfung an der hiesigen Medizinischen Fakultät und beendete diese am 31. Januar 1969.



LUDWIG MOLLER
BUCH- UND FOTODRUCK
ERLANGEN · FAHRSTR. 5